Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec en 1984

Etude de la dérive des insecticides chimiques à l'extérieur des aires traitées

Par: Pierre Martin Marotte, biol.
Sylvie Delisle, tech. faune
Renaud Dostie, tech. faune
Guy Parent, tech. faune

GOUVERNEMENT DU QUEBEC
MINISTERE ENERGIE ET RESSOURCES
DIRECTION DE LA CONSERVATION

Service d'Entomologie
et de Pathologie

Dr Jean-Guy Davidson, ing.f.
Chef de Service

Division Environnement
et Sécurité

Gilles Gaboury, biol.
Responsable

Québec, février 1985

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les technicien(nes) et étudiant(es) qui ont participé à l'échantillonnage et qui ont fait preuve d'une grande motivation malgré les horaires épuisants. Il faut souligner l'excellent travail du laboratoire d'analyse chimique sans qui cette étude n'aurait pu avoir lieu, et on ne peut passer sous silence le patient travail de nos secrétaires. Nous remercions aussi le personnel de la Division des Techniques de pulvérisation et aviation pour leur grande collaboration lors du dénombrement des gouttelettes et pour tous les échanges d'informations indispensables à notre travail lors des pulvérisations. Finalement, il nous reste à remercier Gilles Gaboury pour ses commentaires pertinents lors de la révision finale du texte.

Résumé

Lors des programmes de pulvérisations contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette en 1983 et 1984, le ministère de l'Energie et des Ressources a entre autres étudié le dépôt au sol des insecticides chimiques dérivant à l'extérieur des aires traitées. Toutes les stations ont été localisées sous le vent par rapport aux aires pulvérisées. Les outils utilisés pour estimer le dépôt ont été la feuille d'aluminium et le papier Kromekote^{MD}. Ils étaient déposés au sol en bordure de routes.

Les concentrations maximales ont été observées à proximité des aires pulvérisées. Par la suite, le dépôt diminue progressivement jusqu'à 10 Km. Une valeur maximale de 90 ng/cm^2 d'aminocarbe a été retrouvée à 1 Km d'une ligne de vol théorique. Ce dépôt correspond à 17,3% de la dose émise pour cet insecticide. A 2 Km de la zone cible, le dépôt moyen était généralement inférieur à 1% de la dose émise pour les deux insecticides fénitrothion et aminocarbe. A 2 et 5,5 Km, les maxima observés furent respectivement de 4 et 2,4% de la dose émise. La valeur détectable la plus éloignée, soit à 9,5 Km, a été de 8 ng/cm^2 correspondant à 1,5% de la dose émise d'aminocarbe.

TABLE DES MATIERES

Introduction..... 1

Méthodologie..... 2

Types d'appareils et de produits..... 2
Evalutation du dépôt..... 2
Localisation des dispositifs..... 3

Etude de la dérive par transects en 1984..... 3
Etude de la dérive par stations en 1983..... 4
Echantillons récoltés dans le cadre des programmes d'échantillonnage de l'air..... 4

Récolte et analyse des échantillons..... 5

Résultats et discussion..... 8

Etude de la dérive à l'aide des transects (1984)..... 10
Etude de la dérive en utilisant tous les échantillons (1983-84).. 15
Zone tampon..... 20

Bibliographie..... 21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Liste des transects surveillés en 1984..... 14

Tableau 2: Evaluation du dépôt en fonction de classes de distances..... 19

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Plaquette utilisée comme outil d'évaluation du dépôt au sol... 7

Figure 2: Disposition des plaquettes en fonction de la distance par rapport au secteur pulvérisé..... 7

Figure 3: Variation du pourcentage d'ingrédient actif (par rapport à la dose émise) en fonction de la distance observée à partir de 6 transects..... 12

Figure 4: Variation du nombre de gouttes par cm^2 en fonction de la distance observée à partir de 6 transects..... 13

Figure 5: Concentrations d'insecticides chimiques (exprimées en pourcentage par rapport au dosage émis) retrouvées à l'intérieur des aires traitées..... 17

Figure 6: Variation du nombre de gouttes par cm^2 retrouvée à l'intérieur des aires traitées..... 18

Introduction

Au cours des années, il est apparu, tant de la part du public que des milieux scientifiques, une préoccupation grandissante concernant la dérive des insecticides chimiques à l'extérieur des aires traitées contre la tordeuse. Lors du programme de pulvérisation 1983, le dépôt au sol sur des chemins forestiers situés à l'intérieur de secteurs de pulvérisation a fait l'objet d'une évaluation qualitative et quantitative. Celle-ci nous a donné une information plus complète sur le comportement de l'insecticide chimique lors d'une application (Marotte et al., 1984). Simultanément, une trentaine d'échantillons ont été pris à l'extérieur des aires traitées. Les résultats obtenus ont motivé la poursuite de cette étude en 1984. Une évaluation du dépôt au sol sur des routes semi-dégagées (milieu forestier) et dégagées (champs ou clairières) a ainsi été réalisée à l'extérieur des secteurs de pulvérisations à l'aide de substrats artificiels. Dans cet ouvrage, en plus du portrait de la dérive, il sera question de l'efficacité de la zone tampon.

Ce rapport contient à la fois les données recueillies en 1983 et 1984. Plus de 200 échantillons prélevés sur une centaine de stations au cours de 43 applications différentes ont servi à cette étude.

Méthodologie

Types d'appareils et de produits

En 1983 et 1984, l'épandage de l'insecticide chimique a été réalisé, en majeure partie, par des quadrimoteurs de type DC-4G, DC-6 et Constellation L-749. Ces appareils étaient munis de rampes de pulvérisation, de gicleurs et de buses à jet plat no. 8010, ainsi que d'un système de navigation par inertie de Litton.

Les produits utilisés ont été l'aminocarbe (Matacil 180D^{MD} et 180F^{MD}) et le fénitrothion (Sumithion^{MD}). Ils ont été pulvérisés respectivement à raison de 52 et 210 grammes d'ingrédient actif à l'hectare dans un mélange d'huile 585 totalisant 1,4 litre à l'hectare. Un colorant rouge, "l'Automated Red B Dye^{MD}", était ajouté aux préparations aux taux de 0,1% à 1% en 1983, et 0,5% en 1984. La distance entre les lignes de vol était de 915 mètres.

Evaluation du dépôt

L'évaluation du dépôt de l'insecticide chimique a été réalisée à l'aide de plaquettes d'aluminium sur lesquelles étaient fixées un papier Kromekote^{MD} de 100 cm^2 et une feuille d'aluminium de 225 cm^2 (fig. 1). Ces plaquettes étaient préalablement lavées à l'alcool puis, une fois le dispositif Kromekote-Aluminium installé, elles étaient placées dans des coffrets en bois à l'abri de la poussière ou de toute autre contamination.

Localisation des dispositifs

- Etude de la dérive par transect en 1984

En 1984, l'observation de la dérive à l'extérieur des aires traitées a été effectuée grâce à l'installation de transects de plaquettes sur des routes forestières orientées dans la direction du vent. En plus d'être bien situées par rapport au vent au moment du traitement, les routes choisies pour cette étude devaient traverser les secteurs de pulvérisation et s'en éloigner de plusieurs kilomètres tout en offrant un bon dégagement du couvert forestier. Théoriquement, chaque transect comprenait trois sections bien distinctes. Ils étaient mis en place de l'intérieur vers l'extérieur des aires traitées selon le protocole suivant (fig. 2):

La première section du transect débute à l'intérieur du secteur traité, 500 mètres avant la première ligne de vol et se termine à 1,6 Km. Une plaquette est déposée au sol tous les cent mètres. La deuxième section commence à 2 Km de la première ligne de vol et s'étend sur 2,5 Km. Dans cette section, trois plaquettes distantes d'un mètre sont déposées tous les cinq cent mètres. La troisième section débute à 5,5 Km de la ligne de vol du départ et se poursuit jusqu'à 9,5 Km. Trois plaquettes séparées d'un mètre sont placées tous les kilomètres.

La distance totale couverte par un transect a varié selon la disponibilité de chemins orientés dans la direction du vent et leur recouvrement par la végétation.

La récolte des plaquettes situées à l'intérieur débutait une heure après la fin de la pulvérisation. Ce délai était supérieur pour les plaquettes situées dans la partie extérieure du transect et variait selon la distance, la vitesse et la direction du vent.

- Etude de la dérive par station en 1983

La dérive de l'insecticide chimique a été observée, en 1983, grâce à l'évaluation du dépôt sur des routes situées entre un et dix kilomètres des aires traitées et orientées de façon perpendiculaire à la direction du vent (fig. 2). Au moment de la pulvérisation, cinq plaquettes distantes de cent mètres étaient placées au sol. La récolte débutait au minimum une heure après la fin des opérations et ce délai variait selon la distance, la vitesse et la direction du vent. L'ensemble des feuilles d'aluminium d'une station constituait un seul échantillon. L'analyse chimique donne donc une évaluation globale du dépôt pour chaque station.

- Echantillons récoltés dans le cadre des programmes d'échantillonnage de l'air

Dans le cadre du programme de surveillance des pulvérisations aériennes en 1983 et 1984, des stations d'échantillonnage de l'air ont été localisées à l'extérieur des aires traitées. Ces stations étaient situées dans la direction du vent, entre 2 et 3 Km de la plus proche ligne de vol. Lors de chaque échantillonnage, trois plaquettes comprenant un papier Kromekote^{MD} et une feuille d'aluminium, étaient déposées à environ dix mètres l'un de l'autre et récoltées deux heures après la pulvérisation. Chaque échantillon était

constitué d'une seule feuille d'aluminium.

Récolte et analyse des échantillons

Lors de la récolte, les feuilles d'aluminium sont pliées séparément et introduites dans un bocal de verre de 250 ml. Une autre feuille d'aluminium (non-contaminée) est alors glissée sous le couvercle afin d'éviter que celui-ci soit en contact avec l'échantillon. Chaque échantillon est immédiatement mis au frais et à l'abri de la lumière dans une glacière (4 à 6°) avant d'être congelé et envoyé au laboratoire d'analyse chimique.

En laboratoire, l'analyse chimique se fait à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse muni d'un détecteur spécifique à l'azote et au phosphore (N.P.D.). Cette analyse détermine les concentrations d'insecticides présentes sur les feuilles d'aluminium. Les concentrations obtenues sont exprimées en ug d'ingrédient actif puis transformées en ng/cm^2. La limite de détection pour le fénitrothion et l'aminocarbe est de 0,05 ug par échantillon. Pour ce qui est des papiers Kromekote^{MD}, ceux-ci sont retirés des plaquettes en même temps que les feuilles d'aluminium. Ils sont ensuite identifiés, insérés dans des enveloppes de papier et envoyés au laboratoire de lecture des gouttelettes.

En 1983, la lecture des gouttelettes a été faite à l'aide du "Micro Card Reader" à un grossissement de 24x. Sur chaque papier, une surface de quatre centimètres carrés était choisie au hasard pour l'évaluation du nombre de gouttes et de leur diamètre.

En 1984, les gouttelettes ont été dénombrées au moyen d'un appareil plus perfectionné constitué d'une caméra vidéo (Hitachi, modèle VKC 2000) fixée à une loupe binoculaire (Wild M420) et reliée à un écran de télévision couleur (Trinitron de Sony, CVM 1900) à haute résolution. Le grossissement final était de 106x. La limite visuelle de l'appareil était de 15 microns (diamètre apparent). Trente-huit lectures différentes étaient effectuées au hasard pour chaque papier, le tout couvrant une surface de quatre centimètres carrés.

Dans les deux cas, les résultats obtenus sont exprimés en nombre de gouttelettes par centimètre carré pour chaque classe de diamètres.

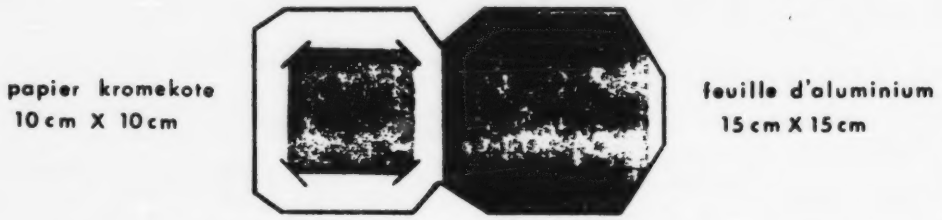

Fig. 1: Plaquette utilisée comme outil d'évaluation du dépôt au sol.

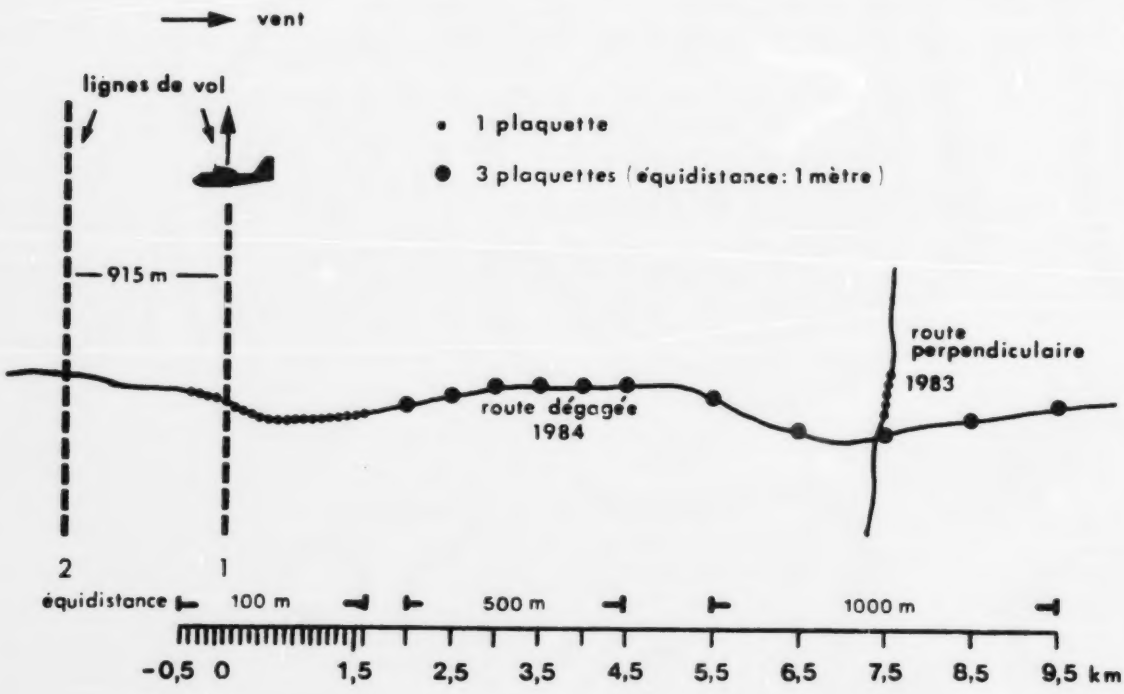

Fig. 2: Disposition des plaquettes en fonction de la distance par rapport au secteur pulvérisé.

Résultats et discussion

Trois paramètres sont utilisés dans ce rapport pour qualifier et quantifier le dépôt au sol des insecticides chimiques en dehors des aires traitées. Ce sont le nombre de gouttes, leur appartenance à des classes de diamètres et, surtout, la concentration en ingrédient actif d'insecticide. Le nombre de gouttes est exprimé par unité de surface (gte/cm^2), alors que la concentration, normalement exprimée en ng/cm^2 est présentée en pourcentage. Ce dernier artifice mathématique permet de comparer simultanément les deux produits utilisés et ce, malgré des doses d'émission différentes. En effet, le calcul s'effectue en prenant la concentration détectée au sol et en la divisant par la dose théorique émise. Les deux facteurs ont été préalablement ramenés à la même unité de surface (ng/cm^2). Le résultat est ensuite multiplié par cent pour obtenir un pourcentage d'ingrédient actif par rapport à la dose émise.

Etant donné le faible nombre d'échantillons de fénitrothion, l'absence de démarcation notable dans les résultats entre les deux produits et que le maximum de l'un maximise l'autre, aucune distinction n'a été faite selon le produit. Il est supposé que les deux insecticides se comportent de la même façon.

Le point 0 Km de départ a été fixé à la ligne de vol théorique située la plus en aval par rapport au vent (fig. 2). C'est à partir de ce point que sont rapportées les distances. Etant donné que pour les quadrimoteurs, la pulvérisation de chaque ligne de vol couvre 915 mètres (insecticide chimique),

on estime donc être à l'extérieur du secteur traité efficacement lorsque l'on se situe à 1 Km du point O.

L'analyse des délais de récolte en fonction de la distance et de la vitesse du vent (déterminé par le surveillant aérien) révèle que plus de 95% des échantillons ont été prélevés au bon moment. Les autres prélèvements, bien qu'exposés à l'insecticide, ont pu être récoltés trop rapidement et ne sont donc pas représentatifs d'un maximum.

Etude de la dérive à l'aide des transects (1984)

Dans le cadre de cette étude, six transects ont été échantillonnés sur des distances variant entre trois et neuf kilomètres. Un total de 86 échantillons de feuilles d'aluminium ont été analysés. La figure 3 présente le dépôt de l'ingrédient actif en % de la dose émise par rapport à la distance du bloc traité. La figure 4 donne une image du dépôt en terme de gouttes par centimètre carré.

Notons qu'en 1983, le dépôt moyen observé au sol à l'intérieur des aires traitées et calculé à partir de 354 échantillons, a varié de 25 à 35% de la dose émise (Marotte et al., 1984). En 1984, le dépôt moyen calculé à partir de seulement 32 échantillons est de 15%. Ce faible dépôt pourrait s'expliquer par le fait que l'on échantillonnait en bordure du bloc. Le protocole de 1983 exigeait d'être situé au sein de plusieurs lignes de vol afin de s'assurer de la plus forte exposition.

Le dépôt à l'intérieur du bloc paraît très variable (fig. 3 et 4), ce qui a d'ailleurs été observé en 1983. Plusieurs paramètres, tels que le relief environnant, le couvert forestier et les conditions météorologiques peuvent affecter le comportement de l'insecticide. On doit donc s'attendre à observer des fluctuations dans le dépôt au sol. Cela représente, malgré tout, les conditions normales prévalant sur le terrain. A l'extérieur des blocs, on devrait normalement assister à une diminution rapide et progressive des concentrations. Ce dernier phénomène est bien illustré par les courbes A, B et D de la figure 3. Les courbes C, E et F n'ont toutefois pas le même comportement. Aucun pic important n'a été noté à l'intérieur de ces blocs ce

qui laisserait croire que la ligne de vol réelle n'était pas dans le secteur d'évaluation. C'est une hypothèse envisageable pour les courbes C et E (fig. 3) alors que F mérite une autre explication. Au Tableau 1, on observe que le vent s'est élevé en cours d'opération. Cela implique que l'insecticide a pu dériver sur une plus longue distance avant de se déposer.

L'examen du dépôt en fonction du nombre de gouttes (fig. 4) révèle des pics situés sensiblement aux mêmes endroits que les données présentées sous forme de concentrations (fig. 3). Toutefois, le nombre de gouttes n'étant pas nécessairement proportionnel à la concentration d'insecticide, la hauteur des pics varie. On remarque, qu'en terme d'étude de la contamination, le dénombrement des gouttes n'est pas suffisant et ne donne qu'une idée grossière du dépôt. Il est donc indispensable de connaître la grosseur des gouttes pour obtenir une évaluation quantifiable lorsqu'on ne dispose pas d'une détermination chimique des concentrations.

Fig. 3: Variation du % d'ingrédient actif (par rapport à la dose émise) en fonction de la distance observée à partir de six transects.

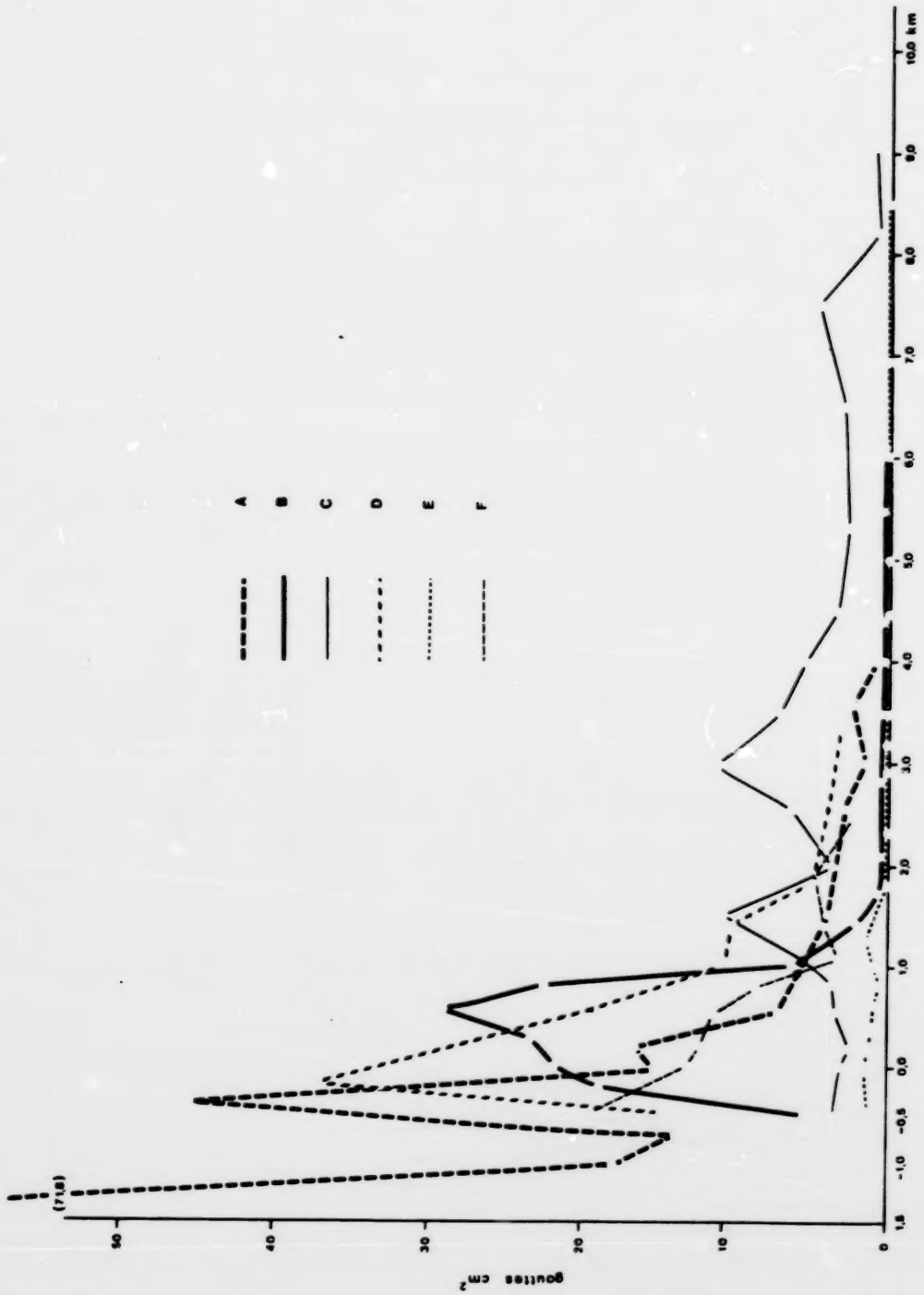

Fig. 4: Variation du nombre de gouttes par centimètre carré, en fonction de la distance observée à partir de six transects.

TABLEAU 1: Liste des transects surveillés en 1984

Bloc	Date		Période	Lignes de vol couvertes	Météo (vent)		Longueur étudiée	Insecticide
	Jour	Mois			direction	vitesse		
A 302	23	06	PM	11 à 16 9-10 partielle	225°	8 km/h	5,5 km	Aminocarbe
B 106	12	06	AM	9 à 12 1 partielle	225°	8 km/h	8	Fénitrothion
C 313	03	07	PM	1 à 9, 15, 23	150°	8 km/h	9,5	Aminocarbe
D 302	17	06	PM	4 à 6	90°	10	4	Aminocarbe
E 310	30	06	PM	1 à 7 8 partielle	150°	5	9,5	Aminocarbe
F 302	28	05	AM	1 à 12	20°	20*	3	Aminocarbe

* Le vent s'est élevé rapidement vers la fin des opérations

Etude de la dérive à l'aide de tous les échantillons

La figure 5 présente tous les échantillons (99) de dépôt au sol recueillis avec des feuilles d'aluminium en 1983 et 1984 à l'extérieur des aires traitées. On retrouve sur celle-ci les données utilisées à la figure 3. L'analyse qui suit porte principalement sur le nuage de points ainsi composé (dépôt en fonction de la distance) et provenant de 38 applications différentes de fénitrothion et d'aminocarbe.

Un dépôt maximum représentant 17,3% de la dose émise est observé à un kilomètre de la ligne de vol. Cependant, ce pourcentage ne semble pas correspondre à une dérive du nuage d'insecticide sur un kilomètre, mais s'expliquerait plutôt par un écart de l'avion par rapport à la trajectoire prévue. En se rapportant à la courbe B de la figure 3, d'où provient cette donnée, on remarque que le pic maximum est déphasé du kilomètre 0. Par la suite, le dépôt au sol diminue rapidement. Ce pic représente plus vraisemblablement celui fréquemment rencontré sous le passage de l'avion.

On note aussi à un kilomètre une deuxième valeur maximale de 9%, puis à 1,4 Km une valeur de 6,8%. A partir de cette dernière donnée, il est possible de tracer une droite ($y = 7,9 + (-0,7x)$) reliant les maximums observés. Les points reliant cette droite proviennent d'applications différentes.

Les informations récoltées avec les papiers Kromekote^{MD} (fig. 6) indiquent que le dépôt est généralement inférieur à 12 gouttes par cm^2 sauf pour quatre valeurs situées entre 4,5 et 5 Km. Toutefois, en se référant à la fig. 5, on observe que ces dernières n'ont pas contribué à augmenter propor-

tionnellement le dépôt en terme d'ingrédient actif.

Afin de faciliter l'interprétation de l'ensemble des données, elles ont été regroupées en classes de distances. Le Tableau 2 révèle les moyennes, les maximums ainsi que le nombre d'échantillons par classe. On remarque sur celui-ci qu'à partir de 2 Km, la moyenne du dépôt par rapport à la dose émise est de 1% et moins. On observe un maximum de 17,3% à moins de 2 Km, alors qu'entre 2 et 7 Km les maximums sont de l'ordre de 4%. Cependant, à la figure 5, le maximum réellement détecté est de 2,4% à 5,5 Km. La valeur détectable la plus éloignée est située à près de 9 Km et deux autres échantillons localisés un peu plus loin n'ont rien révélé à l'analyse chimique (limite de détection $< 0,05$ ug par échantillon). Le nombre de gouttes par cm^2 donne une image différente mais non interprétable en terme de contamination.

En ce qui concerne les tendances comportementales des gouttes en fonction des classes de diamètres, notons que seules les données de 1984 ont pu être utilisées pour cette analyse. Ces tendances se résument comme suit:

Les gouttes ayant un diamètre réel de plus de 80 microns ont été retrouvées jusqu'à 2,5 Km seulement à l'exception d'une fois à 4,5 Km. Celles de 50 à 80 microns n'ont pas dépassé 5 Km sauf à trois reprises. De 0 à 4 Km, les gouttes d'insecticides inférieures à 50 microns sont abondantes et contribuent à partir de 4 Km à l'essentiel de la contamination. Notons que la précision de lecture permettait de séparer en deux classes, les gouttes de diamètre inférieur à 50 microns, soit de 10 à 30 et de 30 à 50 microns mais qu'aucune distinction spéciale n'a été notée.

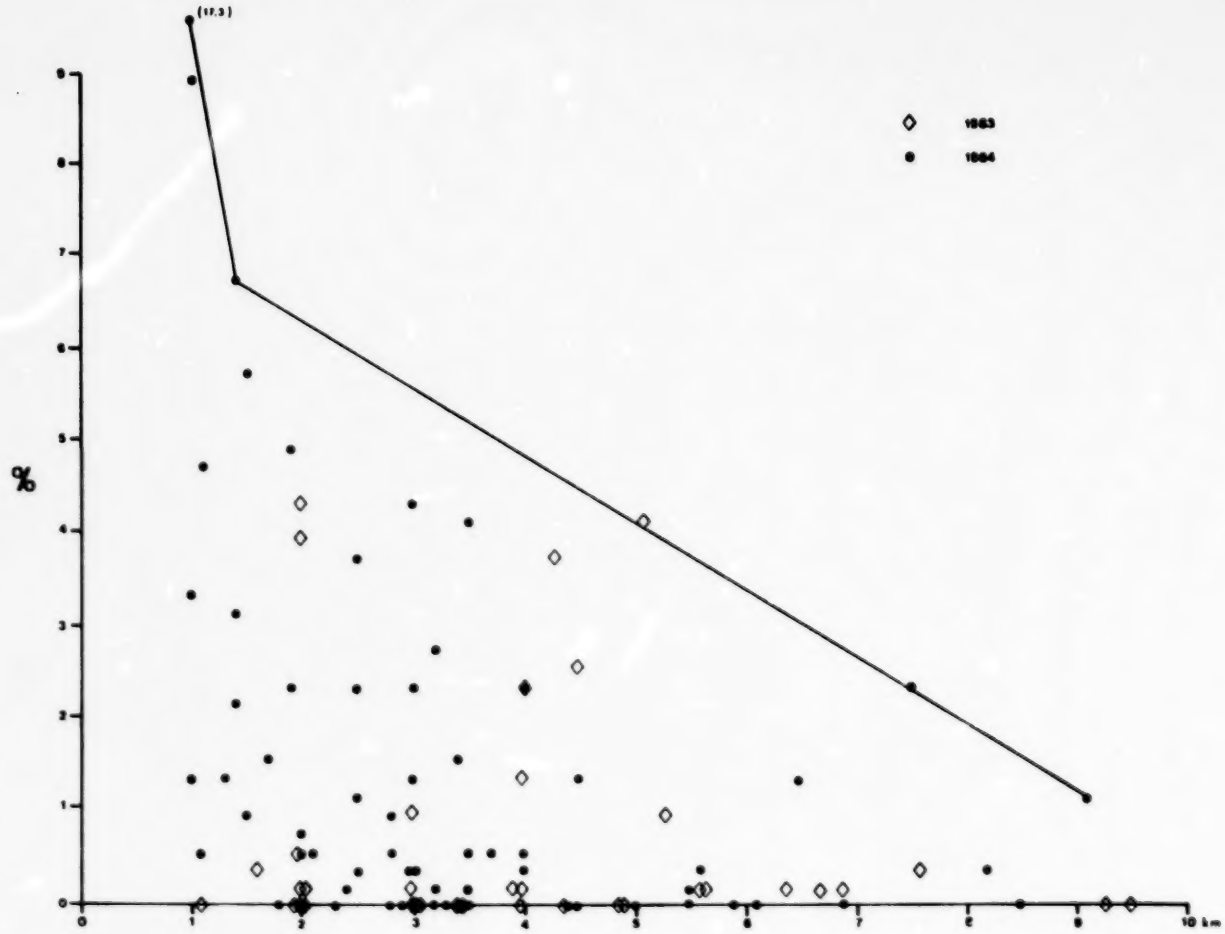

Fig. 5: Concentrations d'insecticides chimiques (exprimées en pourcentage par rapport au dosage émis) retrouvées à l'extérieur des aires traitées.

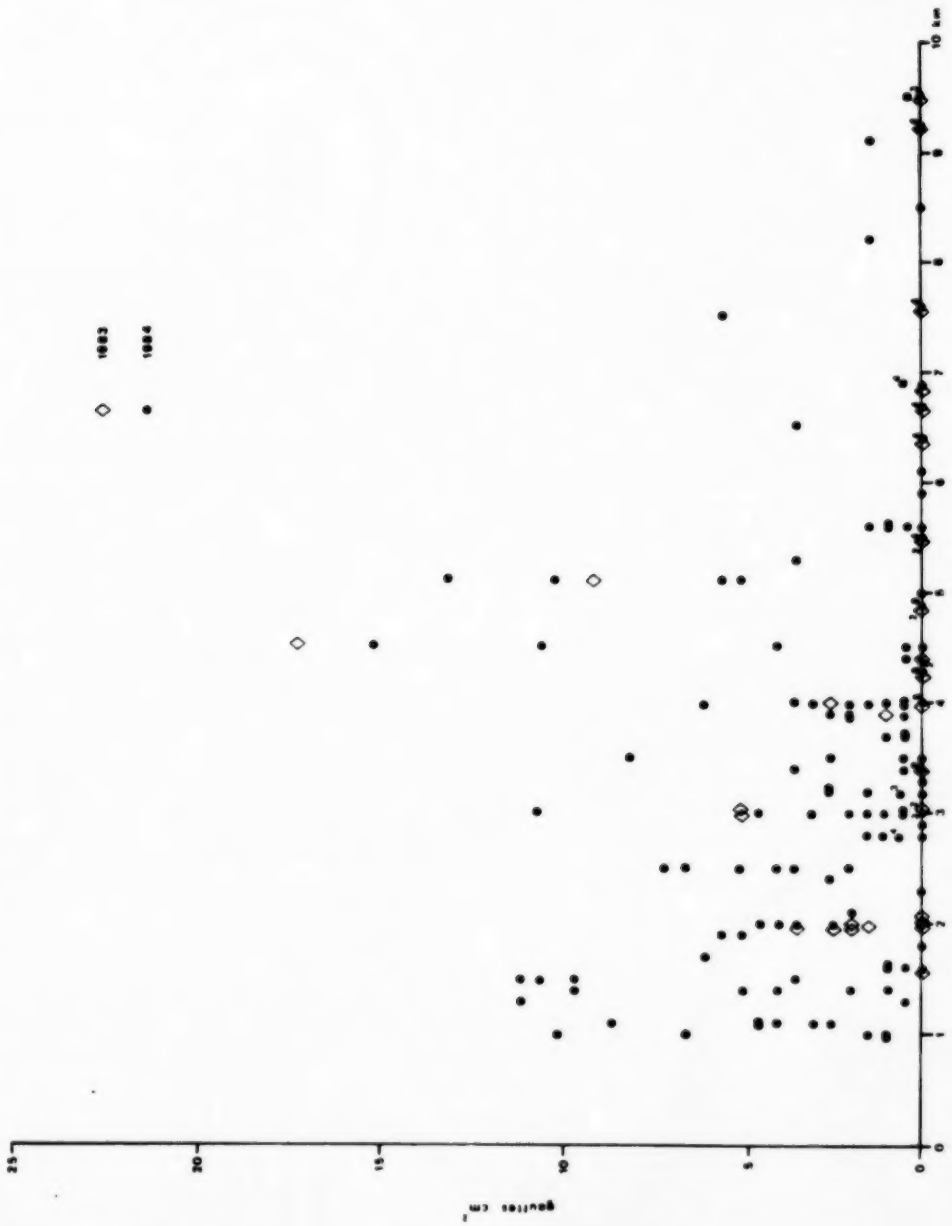

Fig. 6: Variation du nombre de gouttes par cm^2 retrouvée à l'extérieur des aires traitées.

TABLEAU 2: Evaluation du dépôt en fonction des classes de distances (1983-84)

% de la dose émise \ Km	$1 \leq x < 2$	$2 \leq x < 3$	$3 \leq x < 5$	$5 \leq x < 7$	$x \geq 7$
Moyenne	3,6	1,0	0,9	0,5	0,6
Maximum	17,3	4,3	4,4	4,2	2,3
Nb d'échantillons	18	21	38	15	7
Nb gouttes/cm²					
Moyenne	4,2	2,1	1,7	1,2	0,4
Maximum	10,2	4,8	16,4	8,4	5,3
Nb d'échantillons	17	21	38	15	7

Zones tampons

A partir des concentrations détectées, il est possible de procéder à deux exercices. Premièrement, en reliant d'un trait les maximums de la figure 5, on fixe arbitrairement une limite supérieure. Ainsi à 3 Km (zone tampon), le dépôt maximum théorique pourrait atteindre 6% de la dose émise, c'est-à-dire 31 ng/cm^2 pour l'aminocarbe, et 126 ng/cm^2 pour le fénitrothion.

Deuxièmement, en utilisant les points réellement retrouvés à la figure 5, la zone tampon pourrait être fixée à 2 Km sans que le dépôt maximal au sol ne soit modifié par rapport au 3 Km. Toutefois, il faudrait éloigner la zone tampon à plus de 5 Km si l'on désire augmenter le facteur de sécurité.

Au cours du programme de pulvérisations 1984, aucune municipalité n'était établie à moins de 6 Km des blocs opérationnels de pulvérisations chimiques aux quadrimoteurs. Parmi les huit municipalités situées entre 6 et 10 Km des aires traitées chimiquement trois auraient pu être atteintes par une quantité négligeable d'insecticide. Elles étaient localisées légèrement dans le sens du vent au moment de l'application.

BIBLIOGRAPHIE

Marotte, P.M., R. Dostie, S. Delisle, G. Parent et G. Rousseau, 1984 — Evaluation qualitative et quantitative des dépôts d'insecticides. Gouvernement du Québec, Ministère Energie et Ressources, Service Entomologie et Pathologie, 52pp.